

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

RECEIVED

FEB 22 2002

Technology Center 2600

Aktenzeichen: 100 53 205.5

Anmeldetag: 26. Oktober 2000

Anmelder/Inhaber: EPCOS AG, München/DE

Bezeichnung: Kombinierte Frontendschaltung für drahtlose Übertragungssysteme

IPC: H 04 B 1/40

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 26. Oktober 2001
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident
Im Auftrag

Weihmayer

Beschreibung

Kombinierte Frontendschaltung für drahtlose Übertragungssysteme

5

Die zahlreichen existierenden drahtlosen Übertragungssysteme, insbesondere Mobilfunksysteme, können sich sowohl bezüglich des Übertragungsstandards als auch bezüglich der verwendeten Frequenzbänder unterscheiden. Es werden dabei unterschiedliche Zugriffsverfahren, beispielsweise CDMA (Code Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access) oder FDMA (Frequency Division Multiple Access) benutzt.

10 Diese unterschiedlichen Zugriffsverfahren können außerdem unterschiedliche Duplexverfahren umfassen, um die Sende- und Empfangsdaten zu trennen und einen gleichzeitigen Sende- und Empfangsbetrieb am Kommunikationsendgerät zu ermöglichen. Als Duplexverfahren sind FDD (Frequency Division Duplex) und TDD (Time Division Duplex) bekannt. Einige Standards nutzen auch 15 ein Duplexverfahren mit gemischtem FDD/TDD-Betrieb, wobei zwar unterschiedliche Frequenzbänder für den Sende- und Empfangsbetrieb vorgesehen sind, die Sende- und Empfangssignale aber zusätzlich zeitlich voneinander getrennt und in sogenannten Zeitschlitzten angeordnet sind. Bekannte Übertragungsstandards sind in den USA zum Beispiel das CDMA 800 und CDMA 1900, deren Duplexverfahren im reinen FDD-Betrieb erfolgt. In Europa weit verbreitet ist der GSM-Standard mit den Einzelbändern GSM 1800, GSM 1900 und EGSM, deren Duplexverfahren im gemischten FDD/TDD-Betrieb erfolgt. Ebenfalls einen gemischten FDD/TDD-Betrieb weisen die in den USA verbreiteten TDMA 20 800 und TDMA 1900-Standards auf. Daneben ist in den USA noch das analoge AMPS System weit verbreitet, welches mit einem reinen FDD -Betrieb arbeitet.

25 Einfache Mobilfunkendgeräte (Handys) bedienen einen einzigen Standard und sind daher ohne Einschränkung nur zum Betrieb in den Regionen geeignet, in denen eine ausreichende Netzausbau-

kung für diesen Standard gegeben ist. Zur besseren Erreichbarkeit in Regionen mit nicht vollständiger Netzabdeckung bzw. zur Kapazitätserhöhung in Gebieten vielen Nutzern sind Multi-Band-Mobilfunkendgeräte geeignet, die mehrere Frequenzbänder abdecken können. Sogenannte Dual-Band- und Triple-Band Handys funktionieren dabei nach dem gleichen Zugriffsverfahren (zum Beispiel GSM), können aber in unterschiedlichen Frequenzbändern senden und empfangen und sind daher für mehrere Standards gerüstet, beispielsweise gleichzeitig für GSM 1800 und EGSM oder zusätzlich auch noch für GSM 1900. Entsprechende Multi Band Handys existieren für den amerikanischen Markt, insbesondere für die CDMA-Systeme bei 800 und 1900 MHz.

Bei bekannten Multi-Band-Mobilfunkendgeräten für Standards mit einem gemischten FDD/TDD-Duplex-Betrieb, ist der Zugriff auf die gemeinsame Antenne zum Senden (Tx) und Empfangen (Rx) üblicherweise über einen HF-Umschalter realisiert. Ein Übertragungssystem nutzt dabei jeweils ein (Frequenz-) Bänderpaar, in dem die Frequenzen zum Senden und Empfangen angeordnet sind. Ist ein Bänderpaar eines Systems ausreichend weit von den anderen Bändern entfernt (typischerweise zirka 1 Oktave), so können die Filter und die Signalverarbeitungspfade für dieses Bänderpaar von den übrigen getrennt über einen Diplexer impedanzneutral verschaltet und mit der gemeinsamen Antenne verbunden werden. Die Bänderpaare von anderen Standards, die näher beieinander liegen, werden in bekannten Multi Band-Endgeräten üblicherweise über einen Mehrfachschalter voneinander getrennt.

Figur 1 zeigt eine Frontendschaltung eines bekannten Triple Band-GSM-Systems. Die Schaltung ist für Kommunikationsendgeräte (zum Beispiel Handys) geeignet, die in drei unterschiedlichen GSM-Bändern arbeiten können, namentlich GSM 1800, GSM 1900 und EGSM. Das Sende- und Empfangsbandsystem für das EGSM-System ist frequenzmäßig von den Bänderpaaren der beiden anderen GSM-Systeme deutlich getrennt und zirka 1 Oktave entfernt. Eine Abtrennung dieser beiden Bandbereiche erfolgt mit

einem Diplexer DI1, also einer passiven Frequenzweiche, die aus einem High Pass Filter HDI1 und einem Low Pass Filter LDII1 besteht, die parallel mit der Antenne A verschaltet sind. Am Ausgang des Low Pass Filters ist ein Umschalter 1 angeordnet, der den Ausgang des Low Pass Filters LDII1 wahlweise mit dem Sendefilter SF3 oder dem Empfangsfilter EF3 des EGSM-Systems verbindet. Der andere Ausgang TX3 des Sendefilters SF3, welches als Low Pass Filter ausgebildet ist, ist mit einem Poweramplifier (PA) verbunden. Ebenso ist der andere Ausgang RX3 des Empfangsfilters EF3 mit einem Low Noise Amplifier (LNA) verbunden. Das EGSM-System mit gemischtem FDD/TDD-Betrieb arbeitet für Senden und Empfangen zeitlich versetzt in unterschiedlichen Zeitschlitten, wobei der Umschalter US1 in Abhängigkeit vom jeweiligen Zeitschlitz die Verbindung mit dem entsprechenden Filter und dem Signalverarbeitungsweg herstellt.

Der zweite Ausgang des Diplexers DI1, also der Ausgang des High Pass Filters HDI1, ist mit einem Mehrfachschalter MS1 verbunden, der zwischen den Sende- und Empfangsfilttern der beiden anderen GSM Bänder hin- und herschalten kann. Zum Senden wird für beide Bänder ein gemeinsames Low Pass Filter als Sendefilter SF1,2 genutzt, während zum Empfang über die beiden Empfangspfade Rx1 und Rx2 je ein diskreter Bandpaßfilter EF1 und EF2 zur Verfügung steht. Je nach gewünschtem Band schaltet der Mehrfachschalter MS1 fürs Senden und Empfangen zwischen den beiden Schaltpunkten 1 und 2 oder 1 und 3 hin und her.

Systemübergreifende Mobilfunkendgeräte, die unterschiedliche Zugriffsverfahren nutzen können, sogenannte Multimodegeräte, sind bislang nicht bekannt. Ebenfalls nicht bekannt sind Endgeräte für den Mobilfunk der Dritten Generation (3 G), dessen Einführung in den nächsten Jahren erfolgen soll.

35

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine kombinierte Frontendschaltung für drahtlose Übertragungssysteme

anzugeben, die für unterschiedliche Zugriffsverfahren ausgelegt ist.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einer Frontendschaltung nach Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfahrung sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Erfindung schlägt eine Frontendschaltung für ein Kommunikationsendgerät vor, welches für einen Multi Band und/oder 10 einen Multi Mode-Betrieb ausgelegt ist. Sie weist HF-Filter für ein Übertragungssystem mit gemischem FDD/TDD-Betrieb auf, sowie Filter für ein Übertragungssystem mit einem reinen FDD- oder einem reinen TDD-Betrieb. Die einzelnen Filter der Frontendschaltung sind mit einer gemeinsamen Antenne verbunden, wobei zwischen den Filtern und der Antenne sowie zwischen den Filtern und den Sende- und Empfangsverstärkern 15 Schaltelemente angeordnet sind oder sein können, die ausgewählt sind aus HF-Schalter, Duplexer und Diplexer. Durch die Verwendung einer gemeinsamen Antenne ist die Frontendschaltung so ausgelegt, daß zwischen den einzelnen Zugriffsverfahren und den unterschiedlichen Duplexmodi automatisch mittels Frequenzweichen (Diplexer oder Duplexer) oder gezielt mittels 20 Schaltern hin und her geschaltet werden kann. In der erfindungsgemäßen Frontendschaltung können auch mehrere Schalter und mehrere Frequenzweichen integriert sein.

Unter Frontendschaltung wird dabei der antennenseitige Teil eines Kommunikationsendgerätes verstanden, der die gemeinsame 30 Antenne mit den HF-Filtern und diese mit den gegebenenfalls unterschiedlichen Signalverarbeitungspfaden für die unterschiedlichen Betriebsmodi und Zugriffsverfahren, insbesondere dem LNA (Low Noise Amplifier) für den Eingangspfad oder den PA (Power Amplifier) für den Sendepfad verbindet und welcher außerdem zum Umschalten zwischen den Zugriffs- und Betriebs- 35 verfahren erforderliche Schalter aufweist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der dazugehörigen Figuren näher erläutert. Die Figuren 2 bis 17 zeigen ganz oder ausschnittsweise verschiedene erfindungsgemäße Frontendschaltungen.

5

Figur 2 zeigt eine Schaltung für ein gemischtes FDD/TDD-System, welches mit einem im gleichen oder in einem naheliegenden weiteren Band arbeitenden reinen TDD-System kombiniert ist.

10

Figur 3 zeigt ein gemischtes FDD/TDD-System, welches mit einem im gleichen bzw. in einem naheliegenden weiteren Band arbeitenden FDD-System kombiniert ist.

15

Figur 4 zeigt die Kombination eines gemischten FDD/TDD-Systems mit einem in einem anderen weiter entfernten Band arbeitenden reinen TDD-System.

20

Figur 5 zeigt eine Schaltung für die gleiche Kombination wie in Figur 4, wobei für das reine FDD-System ein Duplexer vorgesehen ist.

30

Figur 6 zeigt einen Teilausschnitt einer erfindungsgemäßen Frontendschaltung, die ein reines FDD-System mit einem frequenzmäßig benachbarten reinen TDD-System verbindet.

Figur 7 zeigt eine mit vier Filtern realisierte Frontendschaltung für die gleiche Kombination wie Figur 6.

35

Figur 8 zeigt eine Frontendschaltung nach Figur 7, die mit einem weiteren gemischten FDD/TDD-System kombiniert ist.

35

Figur 9 zeigt eine Kombination einer Frontendschaltung nach Figur 6, die mit einem weiteren gemischten FDD/TDD-System kombiniert ist.

Figur 10 zeigt eine Variante von Figur 9, bei der die Frequenzbänder des gemischten FDD/TDD-Systems von den beiden reinen Systemen weiter entfernt sind.

5

Figur 11 zeigt eine Variante einer Frontendschaltung nach Figur 10, bei der zwei Empfangsfilter durch ein einziges Band Pass-Filter realisiert sind.

10 Figur 12 zeigt eine Frontendschaltung, bei der eine Anordnung nach Figur 8 mit zwei weiteren gemischten FDD/TDD-Systemen kombiniert ist.

Figur 13 zeigt eine Variante von Figur 12.

15

Figur 14 zeigt eine Frontendschaltung, die ein reines TDD-System, ein reines FDD-System und drei gemischte Systeme kombiniert.

20 Figur 15 zeigt eine weitere Frontendschaltung, die für die gleiche Systemkombination wie für Figur 14 geeignet ist, aber zusätzliche Schaltelemente zur Leistungsmessung des Sendeverstärkers aufweist.

Figur 16 zeigt eine Schaltung für ein solches System mit zusätzlichen Schutzelementen zum Schutz des Sendeverstärkers vor Rückwirkungen durch Antennenfehlerschlüsse, welche andernfalls zu Stabilitätsproblemen und parasitären Oszillationen führen könnten.

30

Figur 17 zeigt die gleiche Schaltung mit einer weiteren Variante von Schutzelementen.

35 Figur 2 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Frontendschaltung, die Schaltelemente und Filter für ein reines TDD-System und ein im gleichen oder benachbarten Band arbeitendes gemischtes FDD/TDD-System beinhaltet. Da

beide Systeme im Zeitmultiplex (TDD-Verfahren) arbeiten, können die insgesamt vier Filter über einen Mehrfachschalter MS1 abwechselnd mit der Antenne A verbunden werden. In der Schaltstellung 1 des Mehrfachschalters MS1 ist der Sendepfad 5 Tx1 des reinen TDD-Systems über einen Low Pass Filter SF1 mit der Antenne verbunden. In der Schalterstellung 2 ist der Empfangspfad Rx1 des reinen TDD-Systems über einen Band Pass Filter EF1 mit der Antenne verbunden. Der Sendepfad Tx2 des gemischten FDD/TDD-Systems und das als Low Pass Filter ausgebildete Sendefilter SF2 ist über die Schalterstellung 3, der Empfangspfad Rx2 und das Empfangsfilter EF2 dagegen, welches 10 als Band Pass Filter ausgebildet ist, über die Schalterstellung 4 mit der Antenne verbunden. Die beiden Sendefilter sind 15 als Low Pass Filter ausgebildet, um das Sendesignal von seinen unerwünschten Oberwellen zu trennen. Ein Low Pass Filter hat außerdem den Vorteil, daß es mit geringerer Einfügedämpfung arbeiten kann, als dies für ein Band Pass Filter oder einen Duplexer möglich ist. Die Empfangsfilter sind als Band Pass Filter ausgebildet, die zumindest die für das entsprechende Empfangsband geforderte Bandbreite aufweisen. Im allgemeinen gilt, daß die Einfügedämpfung eines Band Pass Filters mit geringer werdender Bandbreite abnimmt. Die erfundungsgemäßen Bandpassfilter haben daher vorzugsweise eine 20 Bandbreite, die nicht größer ist als die geforderte Bandbreite des abzudeckenden Bandes.

Die vier verschiedenen Filter können in beliebiger Filtertechnik ausgeführt sein, wobei innerhalb der Schaltung auch unterschiedliche Filtertechniken zur Anwendung kommen können. 30 Die Schaltung ist zum Beispiel durch OFW-Filter, MWK-Filter, FBAR-Filter, Streifenleitungsfilter, Chip LC-Filter oder eben auch durch eine Kombination dieser Filtertechniken realisierbar. Als Mehrfachschalter MS1 sind alle Schalter geeignet, die ein anliegendes Hochfrequenzsignal störungsfrei und in 35 der gewünschten für die Zeitschlitzte erforderlichen Geschwindigkeit schalten können.

Figur 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Frontendschaltung, die für die Kombination eines reinen FDD-Systems mit einem gemischten im gleichen oder benachbarten Band arbeitenden FDD/TDD-System geeignet ist. Die 5 Auftrennung von Sende- und Empfangspfad Rx1 beziehungsweise Tx1 des reinen FDD-Systems erfolgt über einen Duplexer DU1, in dem ein erster Band Pass Filter BDU als Empfangsfilter passiv mit einem zweiten Band Pass Filter BDU' als Sendefilter so verschaltet ist, daß der Filter im jeweils anderen 10 Band ein hochohmiges Verhalten am gemeinsamen Anschluß zur Antenne hin zeigt. Unmittelbar hinter der Antenne vor dem Duplexer ist ein Mehrfachschalter MS1 angeordnet, der in der Schalterstellung 1 den Duplexer anschließt, in den Schalterstellungen 2 und 3 jedoch zwischen Sende- und Empfangsfilter 15 SF2 und EF2 des gemischten FDD/TDD-Systems schalten kann. Auch hier ist das Sendefilter SF2 vorteilhaft als Low Pass Filter ausgebildet, das aufgrund der niedrigen Einfügedämpfung bei gleicher Verstärkerleistung ein stärkeres Sendesignal durchläßt, oder bei gleichbleibender Signalstärke einen 20 geringeren Energieverbrauch und damit eine längere Sendedauer ermöglicht.

Figur 4 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Frontendschaltung für eine Kombination eines reinen TDD-Systems mit einem gemischten FDD/TDD-System, das in einem davon verschiedenen Band arbeitet. Aufgrund des ausreichenden Bandabstands des gemischten Systems gelingt die Abtrennung der Frequenzbänder mittels eines Diplexers DI1, der hinter der Antenne angeordnet ist. Dieser besteht aus einem High Pass Filter HDI und einem parallel dazu geschalteten Low Pass Filter LDI. Der Ausgang des Hochpassfilters HDI ist mit einem Schalter US1 verbunden, welcher zwischen dem Sendefilter SF1 und dem Empfangsfilter EF1 des reinen TDD-Systems umschalten kann. Auch hier ist der Sendefilter SF1 wieder als 30 Low Pass Filter mit niedriger Einfügedämpfung ausgebildet, während der Empfangsfilter EF1 ein Band Pass Filter ist. Der andere Ausgang des Diplexers DI1, also der Ausgang des Low 35

Pass Filters LDI ist mit einem zweiten Umschalter US2 verbunden, der zwischen dem Sendeband Tx2 beziehungsweise dem dazugehörigen wiederum als Low Pass Filter ausgebildeten Sende-filter SF2 und dem Empfangsfilter EF2, welches als Band Pass 5 Filter ausgebildet ist, hin und her schaltet.

Figur 5 zeigt als vierter Ausführungsbeispiel eine erfindungsgemäße einfache Frontendschaltung, die ein reines FDD-System mit einem in einem davon verschiedenen Band liegenden 10 gemischten FDD/TDD-System kombiniert. Aufgrund des Abstandes des gemischten Systems vom reinen System kann auch hier wieder ein hinter der Antenne A angeordneter Diplexer DI1 die beiden Systeme voneinander trennen. Der Hochpassfilter HDI des Diplexers DI1 ist mit dem reinen FDD-System verbunden, 15 der Ausgang des Low Pass Filters LDI des Diplexers DI1 ist mit dem gemischten FDD/TDD-System verbunden, wobei ein dazwischen angeordneter Umschalter US1 zwischen Sendepfad Tx2 und Empfangspfad Rx2 hin und her schaltet.

20 Die genaue Verschaltung der beiden Systeme mit den Ausgängen des Diplexers DI1 erfolgt natürlich in Abhängigkeit von der Frequenzlage der beiden Systeme, kann also bei anderen Systemen auch umgekehrt erfolgen, so daß beispielsweise das reine FDD-System mit dem Low Pass Filter des Diplexers und das gemischte System mit dem High Pass Filter des Diplexers verbunden wird. Generell ist der Einsatz eines Diplexer zur Vorab- 25 selektion unterschiedlicher Systeme immer dann geeignet, wenn der Frequenzabstand zwischen den Bändern der Systeme zirka 1 Oktave beträgt. Ein Frequenzabstand von 1 Oktave bedeutet da- bei eine Verdopplung der Frequenz. Beispielsweise sind ein System im 1 GHz-Band und ein System im 2 GHz-Band 1 Oktave voneinander entfernt. Unter dem 1 GHz Bereich werden dabei allerdings sämtliche Frequenzbänder verstanden, die zwischen 800 und 1000 MHz angeordnet sind, während ein 2 GHz-System 30 alle die Bänder mit umfaßt, die zwischen 1700 und 2200 MHz angesiedelt sind.

Das reine FDD-System kann gleichzeitig Senden und Empfangen, wobei die beiden Signale dann in unterschiedlichen Frequenzbändern, dem Rx-Band und dem Tx-Band angeordnet sind. Für dieses System ist zum Duplex-Betrieb ein Duplexer DU1 erforderlich, bestehend aus zwei Band Pass Filtern, die im jeweils anderen Frequenzband hochohmig sind.

Für eine Frontendschaltung, die ein reines FDD-System und ein reines TDD-System unabhängig von weiteren integrierten Systemen kombiniert, gibt die Figur 6 eine weitere erfindungsgemäß Ausgestaltung an. Für das FDD-System ist ein Duplexer DU1 vorgesehen, um Sendeband Tx1 und Empfangsband Rx1 voneinander zu trennen. Das in einem angrenzenden Frequenzband arbeitende reines TDD-System kann gemäß diesem Ausführungsbeispiel ebenfalls den Empfangsfilter EF1,2 des Duplexers DU1 benutzen. Je nach Lage des Bandes kann es dazu erforderlich sein, das Band Pass Filter EF1,2 mit einer entsprechenden vergrößerten Bandbreite auszustatten, um die gesamte Bandbreite der beiden Empfangsbänder in Summe abzudecken. Der Sendebetrieb des reinen TDD-Systems erfolgt über einen verlustarmen Low Pass Filter SF2. Ein erster Umschalter US1 verbindet die Antenne mit dem Duplexer DU1 beziehungsweise dem Sendefilter SF2 des TDD-Systems. Ein zweiter Umschalter US2 zwischen dem gemeinsamen Sendepfad Tx und den jeweiligen Sendefiltern SF1 und SF2 dient zum Umschalten zwischen dem FDD-Sendebetrieb über den Duplexer und dem TDD-Sendebetrieb über das Low Pass Filter SF2. Eine Kommunikationsverbindung nach einem der heutigen 2G-Standards (Mobilfunk zweiter Generation) kann nur eines der beiden Systeme nutzen. Eine Kommunikationsverbindung nach dem künftigen 3G-Standard kann für eine einzige Kommunikationsverbindung wahlweise eine oder beide reine Systeme (FDD oder TDD) für ein Gespräch nutzen.

Figur 7 gibt als weiteres Ausführungsbeispiel eine Lösung für eine Frontendschaltung an, die für zwei reine Systeme - ein reines FDD-System und ein reines TDD-System - ausgelegt ist, welche in ausreichend voneinander getrennten Bändern arbei-

ten. Die gute Frequenzabtrennung zwischen den Bändern ermöglicht es, einen separaten Low Pass Filter SF2 und einen separaten Band Pass Filter EF2 für das reine TDD-System vorzusehen. Antennenseitig kann mit Hilfe eines Mehrfachumschalters

5 MS1 zwischen Sende- und Empfangsbetrieb des TDD-Systems umgeschaltet werden. Eine dritte Schalterstellung 1 des Mehrfachumschalters MS1 verbindet die Antenne mit einem Duplexer DU1 für das reine FDD-System, welcher wieder durch impedanzneutrale Verschaltung zweier Band Pass Filter realisiert ist.

10 Die Sendepfade für die beiden Systeme können getrennt sein. Möglich ist es jedoch auch, wie im Ausführungsbeispiel und der Figur 7 dargestellt, einen gemeinsamen Sendepfad Tx vorzusehen, der mittels des Umschalters US1 je nach Bedarf mit dem Sendefilter SF1 des reinen FDD-Systems oder dem Sendefilter

15 SF2 des reinen TDD-Systems verbunden wird. Der Mehrfachumschalter MS1 bleibt bei reinem FDD-Betrieb in Stellung 1 fixiert, während er bei reinem TDD-Betrieb für Senden und Empfangen zwischen den Positionen 2 und 3 umschalten muß.

Diese Ausführung ist auch sowohl für eine Kombination reiner 20 Übertragungssysteme geeignet, die weit voneinander entfernte Frequenzbänder nutzen, als auch für Systemkombinationen, die in eng benachbarten Frequenzbändern arbeiten.

Figur 8 zeigt als weiteres Ausführungsbeispiel eine Frontendschaltung, bei der die in Figur 7 dargestellte Schaltung um die entsprechenden Filter und Signalverarbeitungspfade für ein gemischtes FDD/TDD-System erweitert sind. Für dieses gemischte System ist je ein separates Low Pass Filter als Sendefilter SF3 und ein Band Pass Filter EF3 als Empfangsfilter 30 vorgesehen. Antennenseitig wird mittels eines Mehrfachumschalters MS1 über die Schaltpositionen 4 und 5 zwischen Sende- und Empfangsbetrieb des gemischten Systems hin und her geschaltet. Die Schalterstellung 1 des Mehrfachumschalters MS1 verbindet die Antenne mit dem Duplexer DU1 für das reine 35 FDD-System, die Schalterstellungen 2 und 3 des Mehrfachumschalters MS1 verbinden die Antenne mit Sendefilter SF2 bzw. mit Empfangsfilter EF2 des reinen TDD-Systems. Auch hier kann

wieder ein gemeinsamer Sendepfad Tx für die beiden reinen Systeme vorgesehen werden, der beim Übergang auf das jeweils andere System mittels des Umschalters US1 mit jeweils einem der beiden Sendefilter SF1 und SF2 verbunden wird. Die dargestellte Frontendschaltung ist für alle Systemkombinationen geeignet, die in voneinander getrennten Frequenzbändern operieren. Bis auf das in dem Duplexer DU1 als Sendefilter SF1 genutzte Band Pass Filter sind alle Sendefilter SF2 und SF3 als verlustarme Low Pass Filter ausgebildet. Alle Empfangsfilter sind als Band Pass Filter mit dem jeweiligen Standard entsprechender Bandbreite ausgebildet.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 9 entspricht der Frontendschaltung aus Figur 6, die um ein gemischtes FDD/TDD-System erweitert ist. Dazu ist der Mehrfachumschalter MS1 für das gemischte System um die Schaltpositionen 3 und 4 erweitert, die mit Sendefilter SF3 bzw. Empfangsfilter EF3 verbunden sind. Der Umschalter US1 kann den gemeinsamen Sendepfad der beiden reinen Systeme wahlweise mit dem Sendefilter SF1 des Duplexers DU1 des reinen FDD-Systems oder mit dem Sendefilter SF2 des reinen TDD-Systems verbinden. Möglich ist es jedoch auch, getrennte Sendepfade beziehungsweise Signalverarbeitungspfade für das jeweilige Sendesignal der beiden Systeme vorzusehen.

Auch in dieser Ausführung muß das Empfangsfilter EF1 des Duplexers um den Frequenzbereich des reinen TDD-Empfangsbandes erweitert werden. Alternativ kann auch der Tx-Pfad des FDD-Duplexers um den Frequenzbereich des Sendepfades des reinen TDD-Systems erweitert werden. Für den Empfangsmodus des reinen TDD-Systems wäre dann zwischen Mehrfachschalter MS1 und Duplexer DU1 ein weiterer Umschalter vorzusehen, der das empfangene Signal auf den Rx-Pfad beziehungsweise den Empfangsfilter des Duplexers DU1 schaltet.

beispiel um ein davon frequenzmäßig beabstandetes gemischtes FDD/TDD-System erweitert ist. Die Abtrennung dieses gemischten Systems erfolgt antennenseitig über einen Diplexer DI1, der über ein Hochpassfilter HDI1 mit dem aus Figur 7 bekannten Mehrfachschalter MS1 verbunden ist. Der Low Pass Filter LDII1 des Diplexers DI1 ist mit einem weiteren Umschalter US2 verbunden, der zwischen den Sende- und Empfangsfiltern und -Pfaden für das gemischte FDD/TDD-System umschaltet. Auch hier ist vorteilhaft für das Sendefilter SF3 des gemischten Systems ein verlustarmes Low Pass Filter vorgesehen, während für das Empfangsfilter EF3 ein Band Pass Filter eingesetzt wird. In vorteilhafter Weise kann der Diplexer DI1 als Oberflächenwellenfilter ausgebildet sein, das passiv eine Vorselektion der beiden Frequenzbereiche vornimmt. Als Abwandlung zum Ausführungsbeispiel nach Figur 10 kann der separate Rx-Pfad des reinen TDD-Systems entfallen, und dafür der Rx-Pfad des reinen FDD-Systems und der damit verbundene Empfangsfilter EF1, 2 mitbenutzt werden. Figur 11 zeigt diese Ausführung, die für solche Systemkombinationen möglich ist, bei denen die Empfangsbänder Rx der reinen FDD- und TDD-Systeme gleich oder benachbart sind. Entsprechend ist der Empfangsfilter EF1, 2 gegebenenfalls mit entsprechend erhöhter Bandbreite zu versehen. Im Empfangsmodus des reinen TDD-Systems ist dann zwischen dem Umschalter US1 und dem Duplexer DU1 ein Schalter vorzusehen (in der Figur nicht dargestellt), der das Empfangssignal auf den antennenseitigen Eingang des Empfangsfilters EF1, 2 am Duplexer DU1 legt.

Figur 12 zeigt eine noch weiter integrierte Frontendschaltung, die drei gemischte FDD/TDD-Systeme, beispielsweise eine bekannte Frontendschaltung für ein Triple Band Handy, um die entsprechenden Schaltelemente für eine Kombination mit einem weiteren reinen TDD-System und einem reinen FDD-System erweitert. Dazu kann beispielsweise die in Figur 10 dargestellte Frontendschaltung um drei weitere Filter SF3,4, EF3 und EF4 samt der dazugehörigen Sende- und Empfangspfade erweitert werden, die am Mehrfachumschalter MS1 über die Schaltposition

nen 4, 5 und 6 mit dem Duplexer DI1 beziehungsweise dessen High Pass Filter HDI1 verbunden werden können. Alternativ ist auch möglich, die drei zusätzlichen Filter für insgesamt zwei gemischte Systeme über zusätzliche Schaltpositionen am Umschalter US2 anzubinden, der bereits über das Low Pass Filter LDI1 des Diplexers DI1 mit der Antenne A verbunden ist. Für die beiden zusätzlichen gemischten FDD/TDD-Systeme kann ein gemeinsames Sendefilter SF3,4 vorgesehen werden, welches einen gemeinsamen Sendepfad Tx3,4 über den Mehrfachumschalter MS1 mit dem Diplexer DI1 und der Antenne verbindet. Die Empfangspfade für die beiden gemischten zusätzlichen FDD/TDD-Systeme sind über separate Empfangsfilter EF3, EF4 mit dem Mehrfachumschalter MS1 und dieser wiederum mit dem Diplexer und der Antenne A verbunden. Wie im Ausführungsbeispiel nach Figur 10 ist das Low Pass Filter LDI1 des Diplexers DI1 mit einem Umschalter US2 verbunden, der zwischen Sende- und Empfangsmodus des ersten gemischten FDD/TDD-Systems hin und her schaltet. Auch dieser Fall ist nur anwendbar, wenn mindestens eines der gemischten FDD/TDD-Systeme frequenzmäßig von den übrigen getrennt ist, so daß sie passiv über den Diplexer DI1 vorselektiert werden können. Mindestens eines der Bänderpaare eines gemischten FDD/TDD-Systems liegt frequenzmäßig näher an den Bändern der reinen FDD- und TDD-Systeme, weshalb hier die Trennung über Schalter bevorzugt ist.

Figur 13 zeigt eine dazu alternative Ausführung, bei der die beiden Schaltpositionen 5 und 6 (des Mehrfachumschalters MS1 aus Figur 12) zusammengefaßt sind und dafür zwischen der Schaltposition 5 des Mehrfachumschalters MS1 und den beiden Empfangsfiltern EF3 und EF4 eine impedanzneutrale Verschaltung mittels eines Diplexers DI2 angeordnet ist. Daher ist am Mehrfachumschalter MS1 nur ein Anschluß erforderlich, der diesen Diplexer DI2 mit dem antennenseitigen Diplexer DI1 beziehungsweise dessen Hochpassfilter HDI1 verbindet.

die um die Funktionalität einer UMTS-Frontendschaltung (3G-Mobilfunk) erweitert ist. Dabei kann sowohl der FDD-Modus für den UMTS-Standard (Tx-Band von 1920 bis 1980 MHz, Rx-Band von 2110 bis 2170 MHz) als auch der TDD-Modus des UMTS-Standards 5 (Frequenzbänder von 1900 bis 1920 MHz und 2010 bis 2025 MHz) bedient werden, wobei keine Verbreiterung der Paßbänder des Duplexers DU1 für das reine FDD-System erforderlich ist. Das Empfangsfilter EF2 des reinen TDD-Systems kann dabei entweder 10 als 125 MHz breites Filter zur Abdeckung der beiden TDD-Frequenzbänder ausgebildet sein oder als beidseitig verschaltetes 2-in-1-Filter mit Doppelbandpaßverhalten realisiert sein. Für jede der beiden Alternativen ist dazu eine geeignete Filtertechnologie einzusetzen beziehungsweise sind die 15 beiden Filter in einer geeigneten Filtertechnologie zu realisieren.

Eine weitere Variation des in Figur 12 dargestellten Ausführungsbeispiels für eine erfindungsgemäße Frontendschaltung gibt Figur 14 an. Dabei wird auf das separate Sendefilter SF2 20 des reinen TDD-Systems verzichtet, ebenso auf die Schalterstellung 2 des Mehrfachumschalter MS1 (siehe Figur 12). Die beiden reinen FDD- und TDD-Systeme nutzen dabei gemeinsam den Duplexer DU1 als Sende- und Empfangsfilter. Während ein Ausgang des Duplexers DU1 mit dem Empfangsbereich Rx1 des reinen FDD-Systems verbunden ist, wird der zweite Ausgang des Duplexers DU1 über einen weiteren Umschalter US3 in der ersten 25 Schaltstellung mit dem gemeinsamen Sendepfad Tx1,2 für das FDD- und das TDD-Systems und in der anderen Schalterposition mit dem Empfangspfad des TDD-Systems verbunden. Für diese Ausführung ist das gemeinsam beziehungsweise gemischt benutzte Filter GF1,2 als verbreiterteres 125 MHz breites Filter ausgelegt, welches die beiden Frequenzbänder des reinen TDD-Systems nach dem UMTS-Standard und das Tx-Band des reinen FDD-Systems nach dem UMTS-Standard abdeckt. Dies ist immer 30 dann vorteilhaft, wenn ein solches breites Filter keine Eigenschaftsverschlechterung bezüglich der Einfügedämpfung bedeutet, beziehungsweise ein solches breites Filter mit gerin-

- ger Einfügedämpfung realisiert werden kann. Sowohl für den reinen FDD-Betrieb als auf den reinen TDD-Betrieb ist der Mehrfachumschalter MS1 auf Position 1. Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb des reinen TDD-Systems erfolgt am Umschalter US3. Für den reinen FDD-Betrieb ist dieser in Schaltposition 2 fixiert. Die Schaltelemente und Filter für die drei gemischten FDD/TDD-Systeme sind im Ausführungsbeispiel nach Figur 14 wie in Figur 12 realisiert.
- 10 In einer weiteren Abwandlung der Erfindung können die in den Figuren 12, 13 und 14 dargestellten hochintegrierten Frontendschaltungen durch Weglassen der entsprechenden Schalter und Filter für ein oder zwei gemischte FDD/TDD-Systeme vereinfacht werden.

15 Figur 15 zeigt eine weitere Ausgestaltung der Erfindung, bei der zwischen dem Leistungsverstärker des Sendepfades und den dazugehörigen Filtern Einrichtungen zur Leistungsregelung des Leistungsverstärkers im Sendepfad angeordnet sind. Da die Kommunikationsendgeräte in der Regel mobil sind, müssen sie auch für solche Orte ausgelegt sein, die aufgrund geographischer Bedingungen eine verringerte Sende-/Empfangsqualität aufweisen. Während die Leistung der Basisstation in der Regel ausreicht, innerhalb der dazugehörigen Funkzelle überall empfangen zu werden, trifft dies für die Sendeleistung des mobilen Endgerätes nur selten zu. Im übrigen ist es wünschenswert, die Sendeleistung des Endgerätes an die Verbindungsqualität anzupassen, um bei guter Verbindungsqualität die Sendeleistung entsprechend zu reduzieren und damit Energie zu sparen, beziehungsweise die Betriebsdauer des Akumulators ohne vorheriges Nachladen zu verlängern.

30 Eine solche Einrichtung zur Leistungsregelung des Sende-
verstärkers kann beispielsweise aus einem Richtkoppler RK bestehen, der in einem Bypass des Sendepfads angeordnet ist, die Sendeleistung mißt und diese entsprechend der von der Basisstation angeforderten Leistung nachregelt. Zur Leistungs-

anpassung sind in bekannten Mobilfunksystemen Codes vorgesehen, die von der Basisstation an die Endgeräte übermittelt werden. Figur 15 zeigt die Anordnung solcher Richtkoppler RK, die jeweils einen Bypass mit einem angeschlossenen Leistungsregelkreis (APC, Adapted Power Control) herstellen und die Sendeleistung entsprechend den von der Basisstation übermittelten Anforderungen anpaßt. In der Figur 15 sind diese Richtkoppler zwischen den Sendepfaden und den Sendefiltern aller in der Schaltung integrierter Übertragungssysteme angeordnet. Der übrige Teil der dargestellten Frontendschaltung entspricht der Schaltung von Figur 12.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung ist in Figur 16 angegeben, bei der die in Figur 15 dargestellte Schaltung um 15 weitere Schutzelemente erweitert ist, bei denen zwischen den Leistungsverstärkern der Sendepfade und den Eingängen der Sendefilter jeweils ein Schutzelement angeordnet ist, um Rückwirkungen auf das Sendefilter durch Antennenfehlabschlüsse zu unterdrücken. Solche Fehlabschlüsse können beispielsweise unerwünschte Oszillationen sein, die zu unerwünschten Abstrahlungen bei falschen Frequenzen und Verbindungsstörungen führen können. In Figur 16 sind diese Schutzelemente als Isolatoren Is ausgebildet, in der Figur 17 als Zirkulatoren Zk. Beides sind ferromagnetische Bauelemente, wobei die Isolatoren die HF-Leistung nur in Pfeilrichtung transmittieren, in umgekehrter Richtung jedoch absorbieren, während die Zirkulatoren die rückgekoppelte Leistung an einen Abschlußwiderstand nach Masse ableiten. Die Frontendschaltungen nach den Figuren 15 und 16 zeichnen sich daher durch eine erhöhte 20 Schutzwirkung der Sendestufen aus, wodurch der Stabilitätsbereich des Kommunikationsendgeräts erweitert wird.

Die Erfindung gibt erstmals Möglichkeiten an, wie eine Frontendschaltung für ein 3G-Kommunikationsendgerät ausgestaltet 35 werden kann, welches dem UMTS-Standard entsprechend einen Multimode-Betrieb beherrschen muß. Die Erfindung gibt außerdem wesentliche Vereinfachungen an, wie eine Frontendschal-

tung vereinfacht aufgebaut werden kann oder wie durch zusätzliche Bauelemente die Eigenschaften der Gesamtschaltung im Hinblick auf eine bessere Performance verbessert werden können. Die einzelnen Bestandteile der Schaltung sind nur mit ihrer Funktion aufgeführt, so daß für die Verwirklichung der erfindungsgemäßen Frontendschaltung eine Reihe von Variationsmöglichkeiten besteht. So ist es zum Beispiel möglich, die Komponenten der Schaltung zum Teil oder ganz auf einem gemeinsamen Substrat zu integrieren. Möglich ist es beispielsweise, einen Teil der Filter als keramische Filter (zum Beispiel MWK-Filter, OFW-Filter, als FBAR-Filter, als stripline oder als Chip-LC-Filter) aufzubauen und diese auf einer Substratkeramik, beispielsweise einer LTCC-Multilayer-Keramik (Low Temperature Cofired Ceramic) einzubetten. Das Substrat kann außerdem die entsprechenden zur Verbindung der Bauelemente erforderlichen Leiterstrukturen tragen, die beispielsweise als planare Strukturen in Mehrschichttechnik auf dem Substrat aufgebaut sein können. Auch ist es möglich, weitere Komponenten auf dem Substrat zu integrieren, beispielsweise die DC-Ansteuerung der Schalter. Neben keramischen Substraten sind auch herkömmliche Leiterplatten geeignet, ebenso eine Multilayer aus fotostrukturierbaren Schichten. Von Vorteil ist dabei der Modulcharakter der Frontendschaltung, die ganz oder teilweise auf einem Substrat integriert ist. Ein Modul läßt sich in einfacherer Weise mit anderen Bauelementen zusammenschalten, wobei gegenüber einem Zusammenbau aus Einzelkomponenten insgesamt eine kompaktere Bauweise, eine einfachere Handhabung und ein besseres Zusammenwirken mit übrigen Komponenten erhalten wird.

30

Wie bereits erwähnt, können die HF-Filter, die Diplexer und die Duplexer in unterschiedlichen Techniken aufgebaut werden, ebenso können für die HF-Schalter, die Mehrfachschalter und die Umschalter unterschiedliche Techniken eingesetzt werden. Beispielsweise können die Schalter als Galliumarsenid-FET-Transistoren ausgestaltet sein. Möglich ist es auch, die Schalter als PIN-Dioden mit zusätzlichen Transformationslei-

tungen oder anderen Anpaßschaltelementen zu realisieren, die eine Phasenverschiebung bewirken können. Ein mögliches Ausführungsbeispiel wäre hier eine $\lambda/4$ -Streifenleitung, die in das Trägersubstrat integriert ist.

5

Die Ausgänge der Empfangspfade können je nach Erfordernis des Kommunikationsendgerätes symmetrisch oder differentiell ausgeführt sein, wobei der Impedanzabschluß ebenso wie der Antennenanschluß bei jeweils 50Ω sein kann, oder mittels Impedanztransformation gegenüber dem Antennenanschluß erhöht oder erniedrigt sein kann.

10

Neben den in den Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren vorgestellten Verwirklichungen der Erfindung sind noch eine Reihe weiterer Kombinationen denkbar, die durch Weglassen einzelner Komponenten oder durch Kombination einzelner Komponenten der beschriebenen Ausführungsbeispiele erhalten werden können.

15

Patentansprüche

1. Frontendschaltung für ein Kommunikationsendgerät mit Multiband und/oder Multimode Übertragungssystem,
5 aufweisend Filter für ein Übertragungssystem mit gemischem FDD/TDD Betrieb und
Filter für ein Übertragungssystem mit reinem FDD- oder reinem TDD-Betrieb,
bei der die einzelnen Filter über eine Schaltung mit zumindest einem Schaltelement, ausgewählt aus HF-Schalter, Duplexer und Diplexer mit einer gemeinsamen Antenne verbunden sind.
2. Schaltung nach Anspruch 1,
15 bei der Sendeband und dem Empfangsbild eines Übertragungssystems ein Bänder-Paar bilden,
bei der der Frequenzunterschied zwischen den Bänder-Paaren eines ersten und eines zweiten Übertragungssystems ca. eine Oktav beträgt und
20 bei der zur Unterscheidung der Bänder-Paare zwischen der Antenne und den Filtern ein Diplexer angeordnet ist.
3. Schaltung nach Anspruch 1,
bei der jeweils das Sendeband und das Empfangsbild eines Übertragungssystems ein Bänder-Paar bilden,
bei der die Frequenzen der beiden Bänder-Paare eines ersten und eines zweiten Übertragungssystems innerhalb einer Oktav liegen und
20 bei der zur Unterscheidung der Paare zwischen der Antenne und den Filtern ein HF-Schalter angeordnet ist.
4. Schaltung nach Anspruch 3,
bei der als HF-Schalter ein Mehrfachschalter vorgesehen ist,
der zusätzlich das Umschalten für einen TDD Betrieb ermöglicht.
35
5. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

bei der als Sendefilter ein Low Pass Filter vorgesehen ist.

6. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
bei der für den FDD Betrieb im reinen FDD Übertragungssystem
5 oder im Übertragungssystem mit gemischem FDD/TDD Betrieb ein
Duplexer zur Trennung von Sende- und Empfangsbändern vorgesehen
ist, der als Filter für den Sendepfad ein Band Pass Filter
oder ein steilflankiges Low Pass Filter besitzt.

10 7. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
bei der für das Übertragungssystem mit gemischem TDD/FDD Be-
trieb ein gemeinsames Filter für die beiden Empfangsbänder
vorgesehen ist, welches Teil eines Duplexers zur Trennung von
Sende- und Empfangsbändern des FDD Systems ist,
15 bei der für Sendeband des FDD Systems ein weiteres Filter
vorgesehen ist, wobei ein HF-Schalter zwischen der Antenne
diesem weiteren Filter und dem Duplexer vorgesehen ist.

8. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
20 bei der die Frequenzbänder des gemischten FDD/TDD Systems
voneinander deutlich beabstandet sind, bei der ein HF Schal-
ter zwischen einem gemeinsamen Sendepfad für das reine FDD-
und das reine TDD-System und den beiden Sendefiltern vorge-
sehen ist, bei dem an der Antenne ein HF-Mehrfachschalter zum
Umschalten zwischen einem Duplexer für den FDD Betrieb, dem
Sendefilter und dem Empfangsfilter für den TDD Betrieb vorge-
sehen ist.

9. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
30 bei der zusätzlich zu dem Übertragungssystem mit gemischem
FDD/TDD Betrieb und dem Übertragungssystem mit reinem FDD-
oder TDD-Betrieb noch Filter und Signalpfade für ein weiteres
Übertragungssystem mit reinem FDD- oder reinem TDD-Betrieb
vorgesehen sind.

bei der auf der Antennenseite für ein TDD-System ein HF-Schalter und für jedes FDD-System ein Duplexer vorgesehen ist.

- 5 11. Schaltung nach Anspruch 10,
bei der neben dem gemischten und den beiden reinen Systemen noch Bauelemente für ein weiteres gemischtes Übertragungssystem vorgesehen sind, bei dem zumindest ein gemischtes Übertragungssystem von den anderen Übertragungssystemen antennenseitig durch einen Diplexer abgetrennt ist.

12. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
bei der die Schalter als GaAs-FET-Transistoren ausgebildet sind.
15
13. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
bei der die Schalter mittels PIN-Dioden mit zusätzlichen Phasenschiebern realisiert sind.

20 14. Schaltung nach einem der Ansprüche 12 oder 13,
bei der die HF-Filter und die Duplexer unabhängig voneinander ausgebildet sind als OFW-Filter , MWK-Filter, FBAR-Filter; Streifenleitungsfilter, Chip LC-Filter oder als Kombinationen der genannten Filter.

15. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
bei der die Einzelkomponenten der Schaltung diskret auf einer gemeinsamen Leiterplatte angeordnet sind.

30 16. Schaltung nach Anspruch 1 bis 14,
bei der zumindest ein Teil der Einzelkomponenten in einem gemeinsamen Substrat integriert ist.

17. Schaltung nach Anspruch 16,
35 bei der sämtliche Einzelkomponenten zusammen mit der DC Ansteuerung in einem gemeinsamen Substrat integriert sind, wel-

ches in Mehrschichttechnik mit teilweise planaren Strukturen realisiert ist.

18. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 17,

5 bei der an zumindest einem Sendeingang ein Richtkoppler für die Leistungsregelung des Leistungsverstärkers als Teil eines Detektors vorgesehen ist.

19. Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 18,

10 bei der zwischen einem Sendeverstärker und einem Sendefilter ein Schutzelement angeordnet ist, welches den Sendeverstärker vor rückgekoppelter oder reflektierter Leistung schützt und ausgewählt ist aus Isolator oder Zirkulator.

15 20. Verwendung der Frontendschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche für Mobilfunkgeräte der dritten Generation.

21. Verwendung der Frontendschaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche für ein Mobilfunkendgerät, das in einem System der zweiten und der dritten Generation betreibbar ist.

Zusammenfassung

Kombinierte Frontendschaltung für drahtlose Übertragungssysteme

5

Es wird eine Frontendschaltung für ein Kommunikationsendgerät vorgeschlagen, welches für einen Multi Band und/oder Multimode-Betrieb ausgelegt ist. Es werden verschiedene Ausführungen angegeben, die für Mobilfunkgeräte der Dritten Generation und 10 insbesondere für Übertragungssysteme nach dem UMTS-Standard unter Einbeziehung eines Multiband-GSM-Systems geeignet sind.

Figur 3

FIG 1

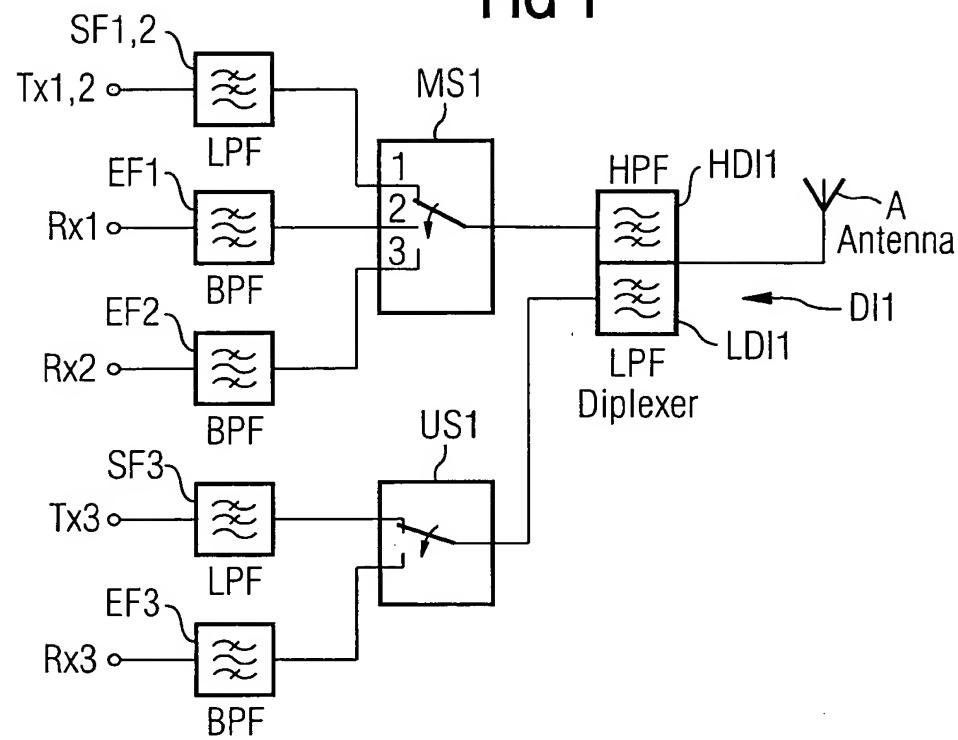


FIG 2

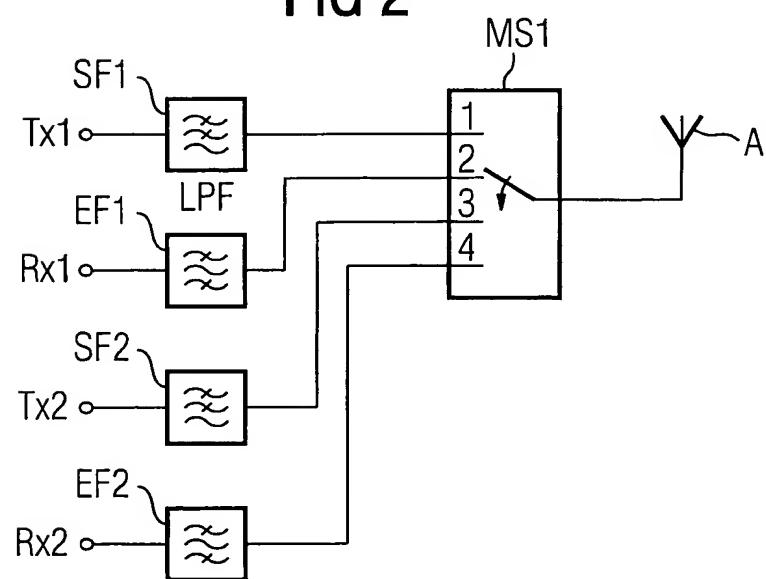


FIG 3

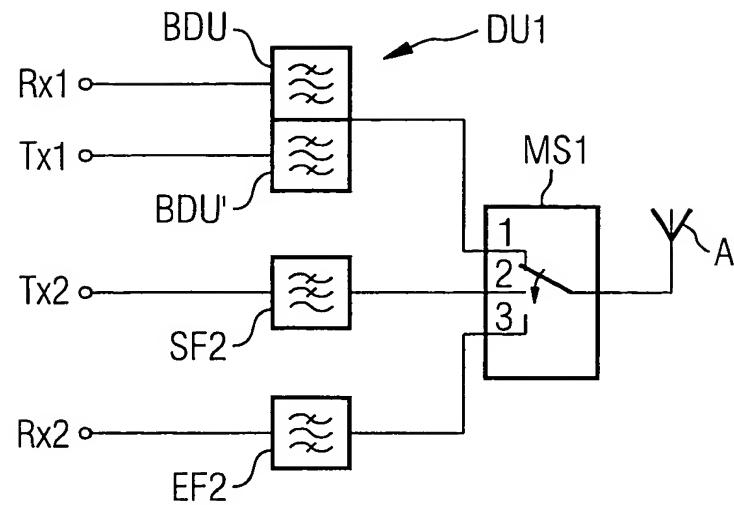


FIG 4

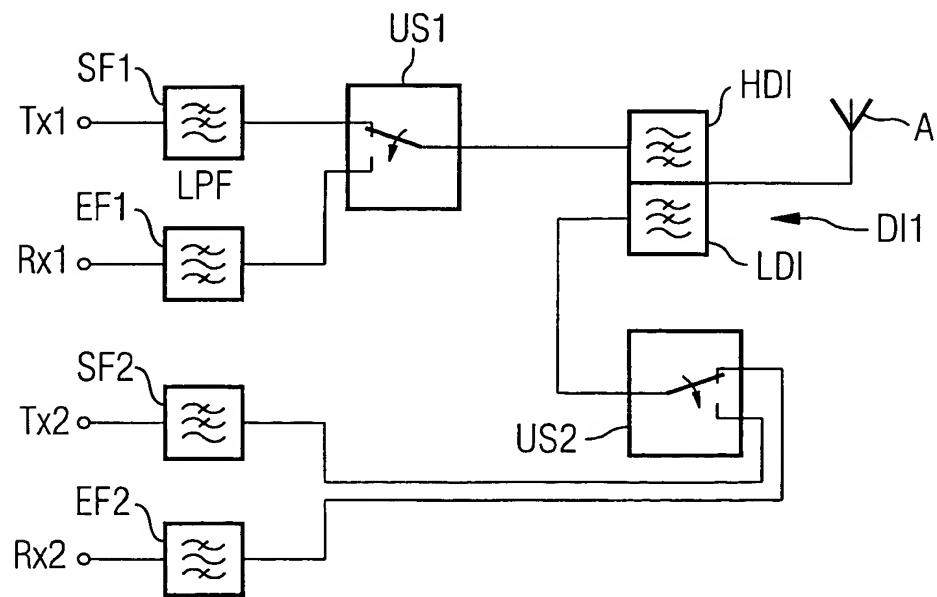


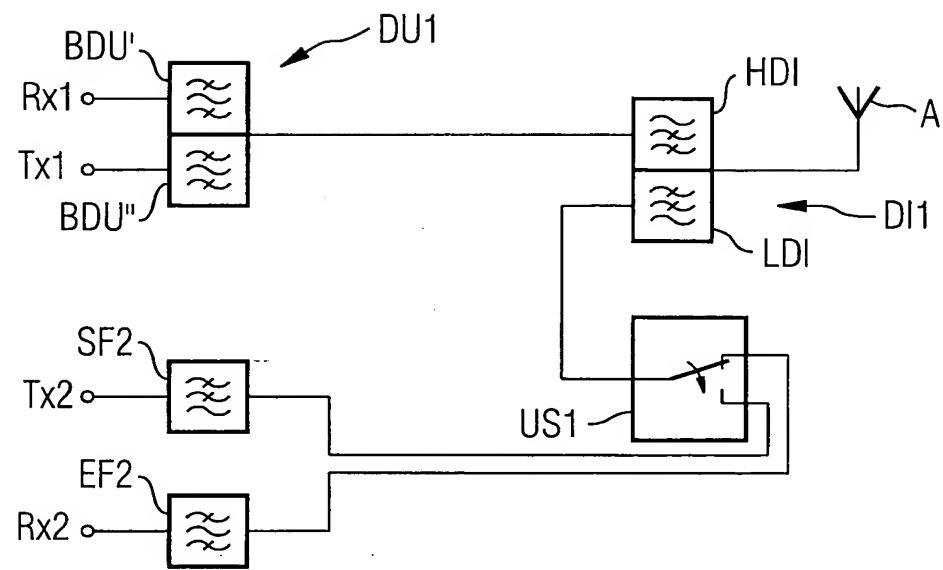
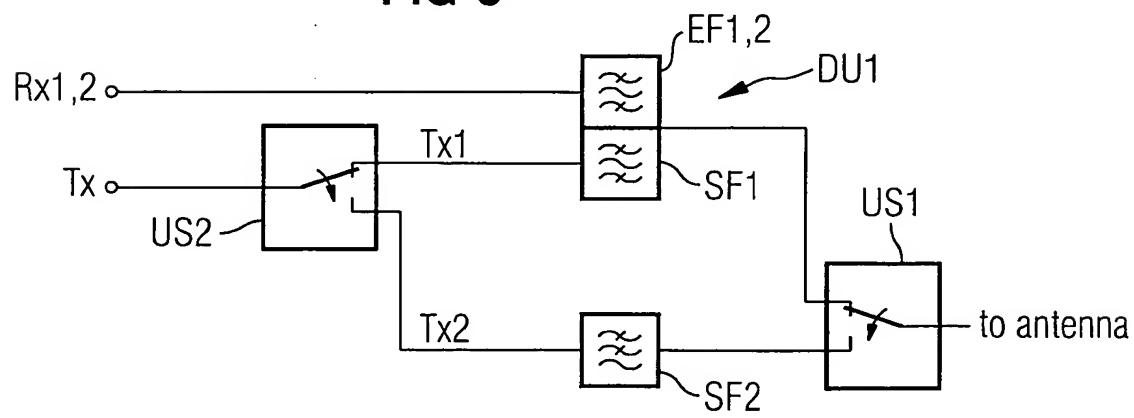
FIG 5**FIG 6**

FIG 7

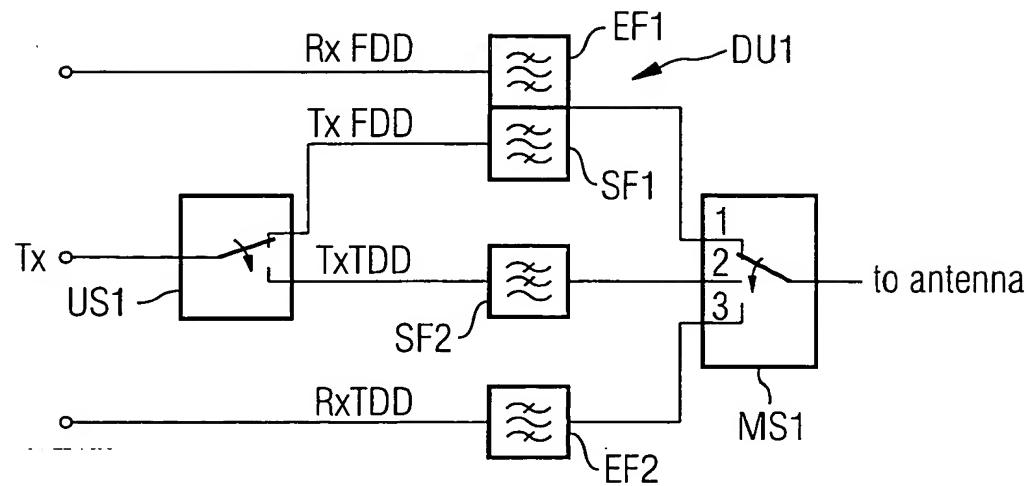


FIG 8

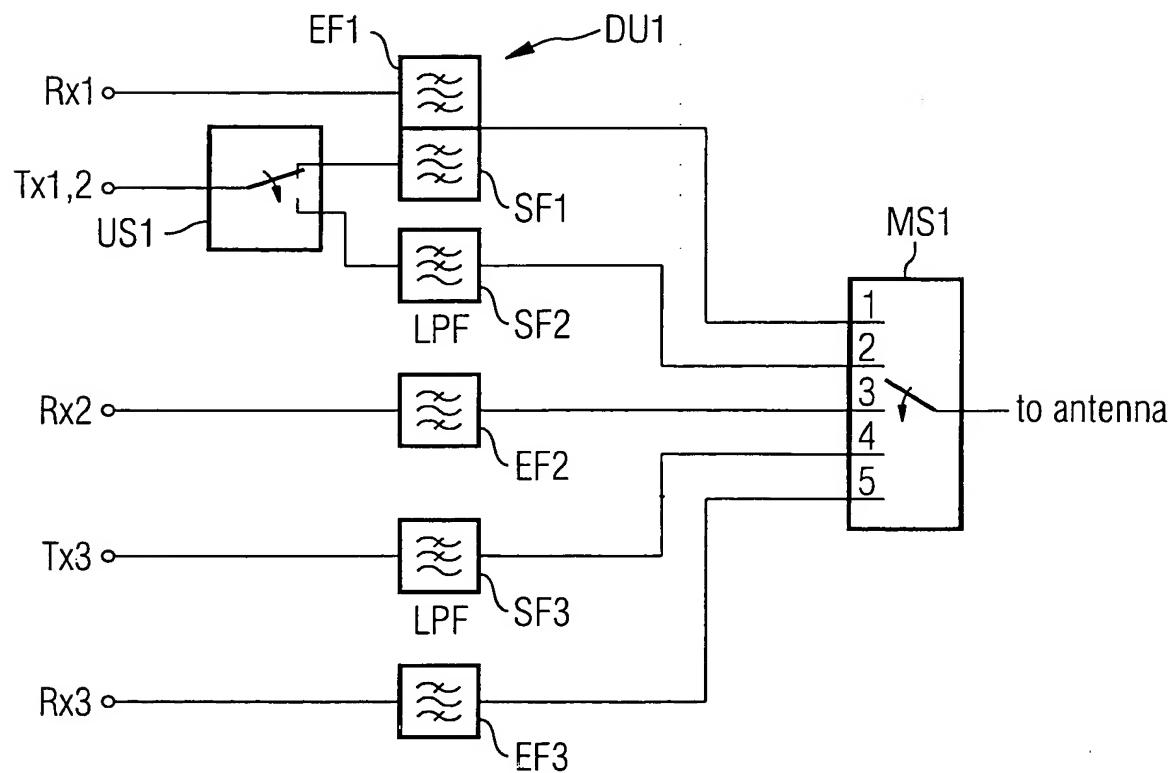


FIG 9

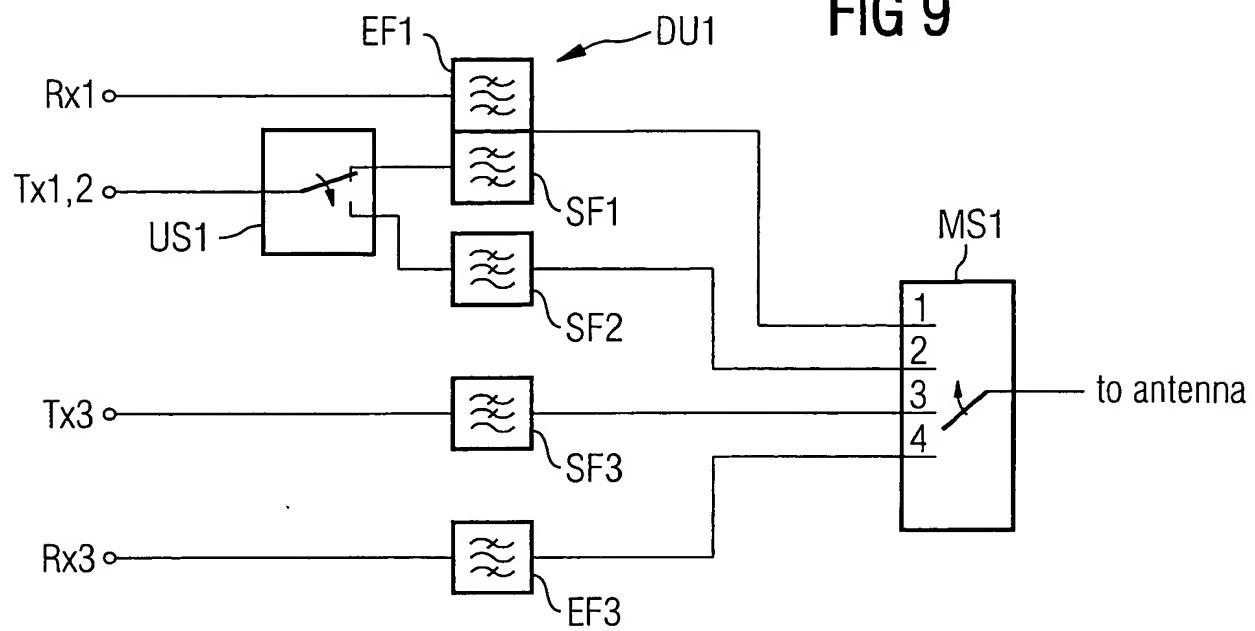


FIG 10

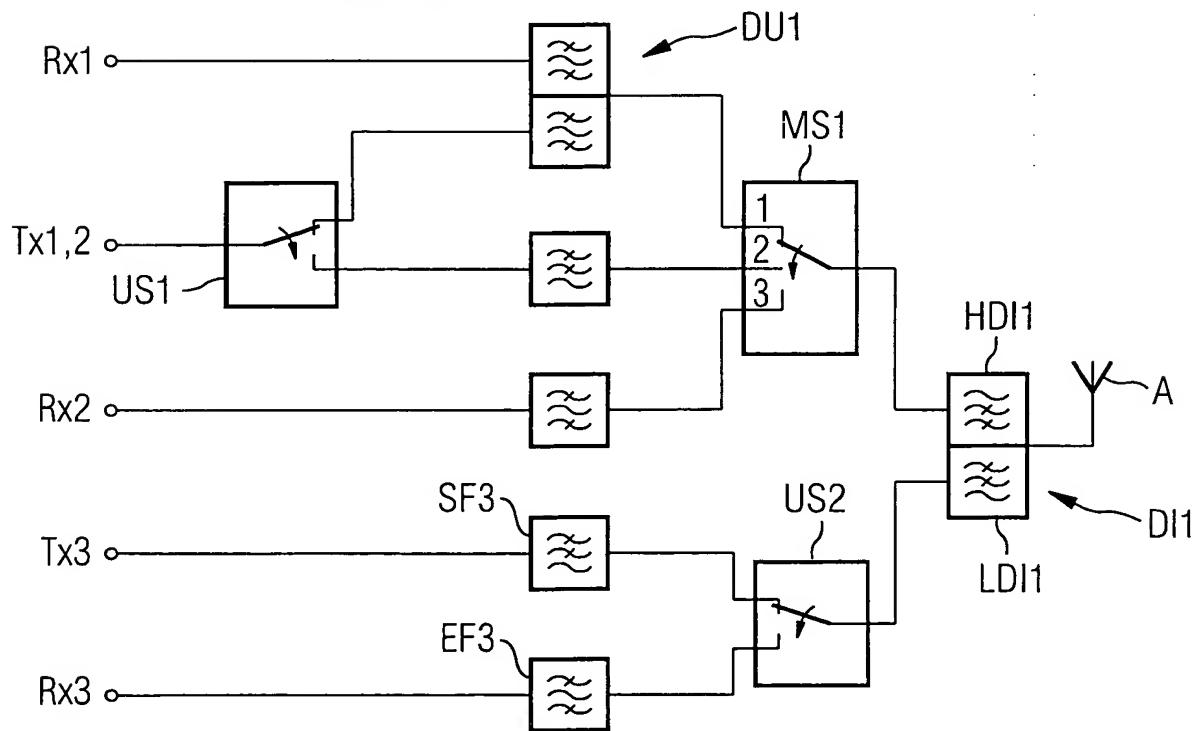


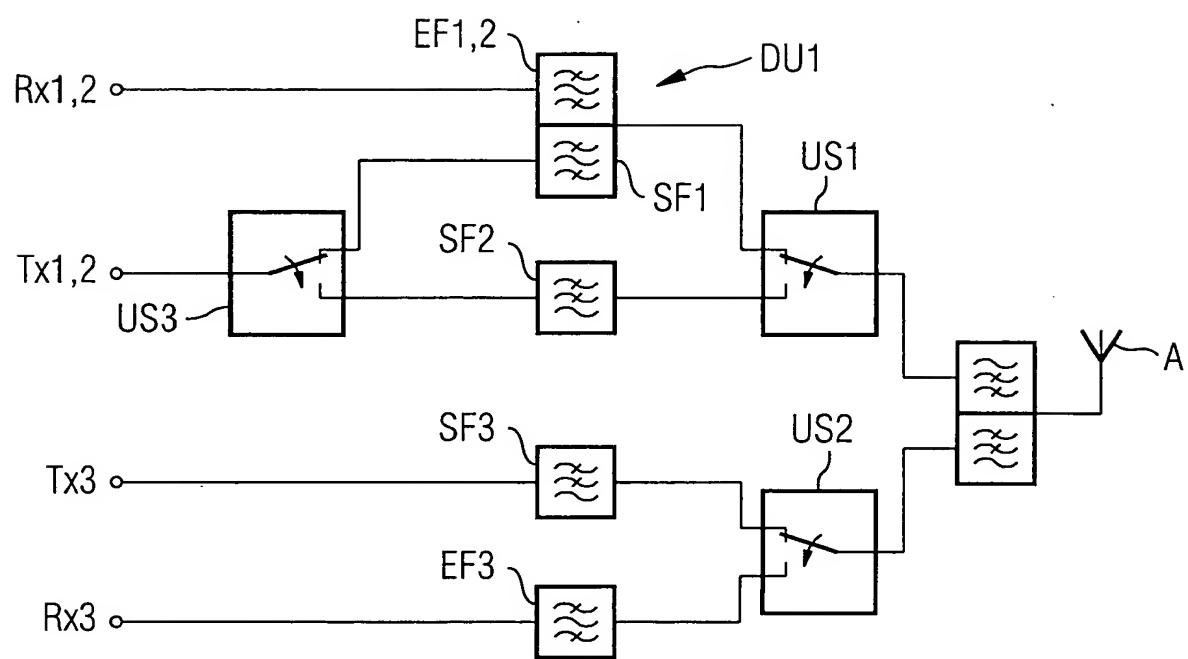
FIG 11

FIG 12

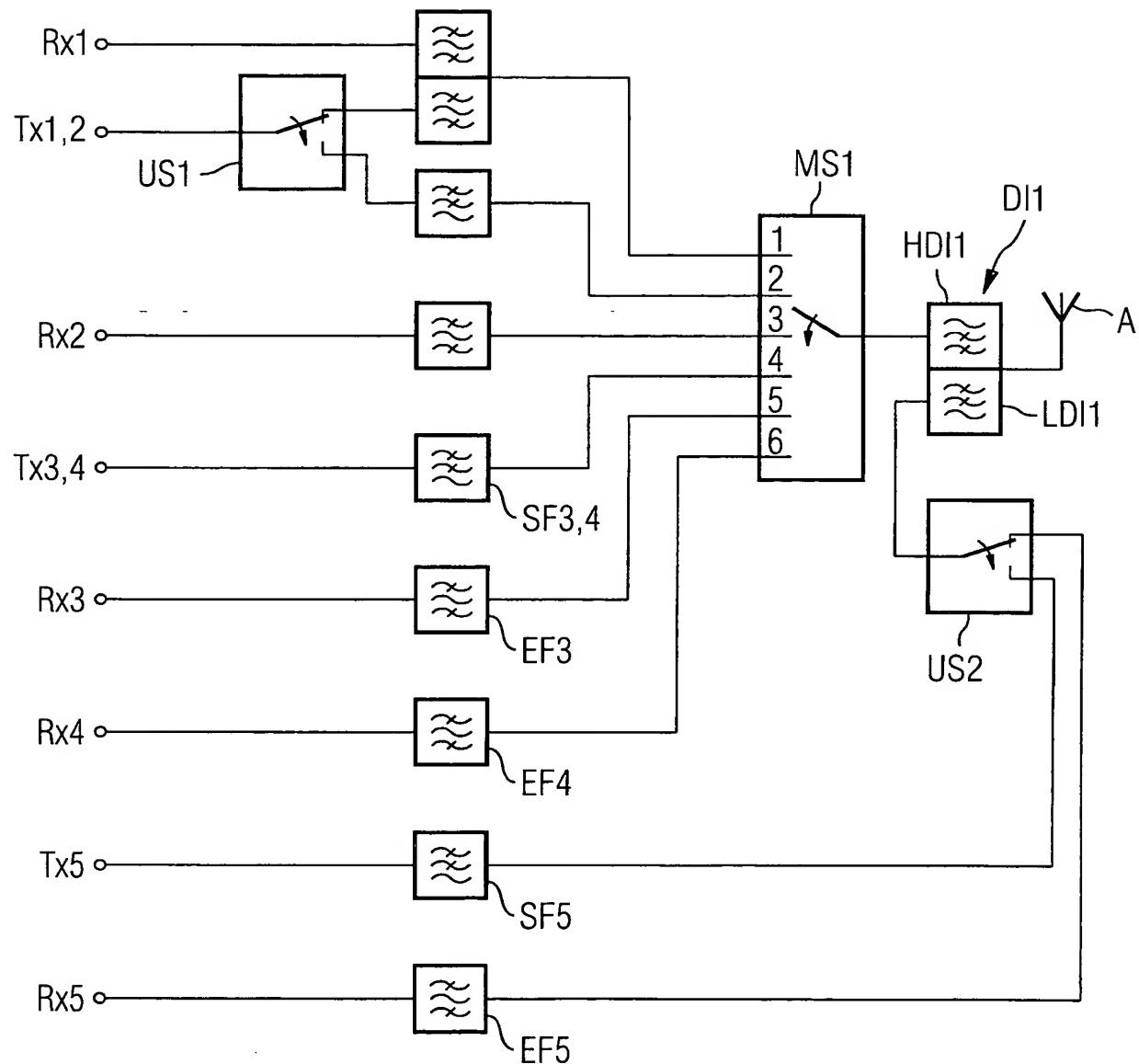


FIG 13

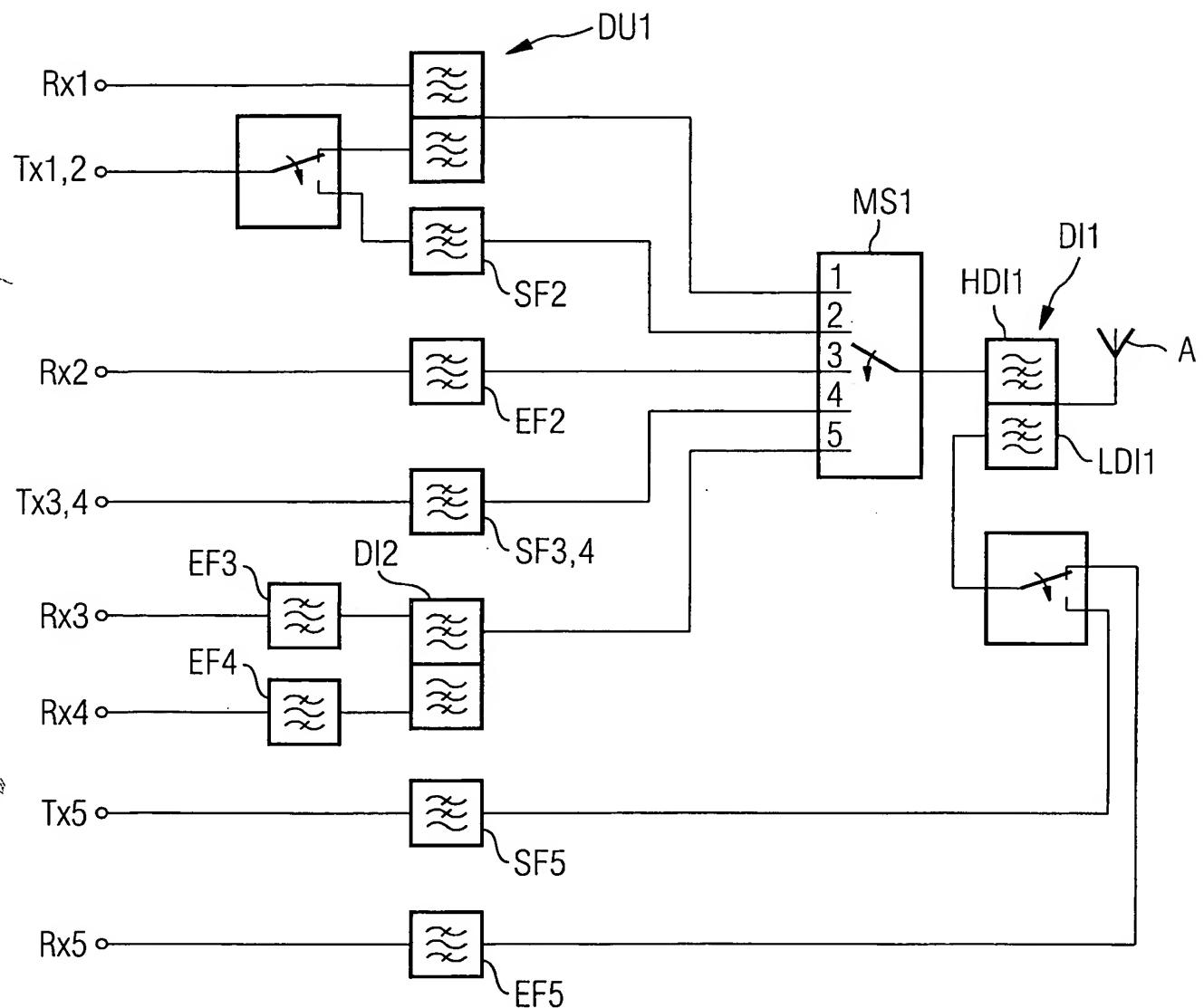


FIG 14

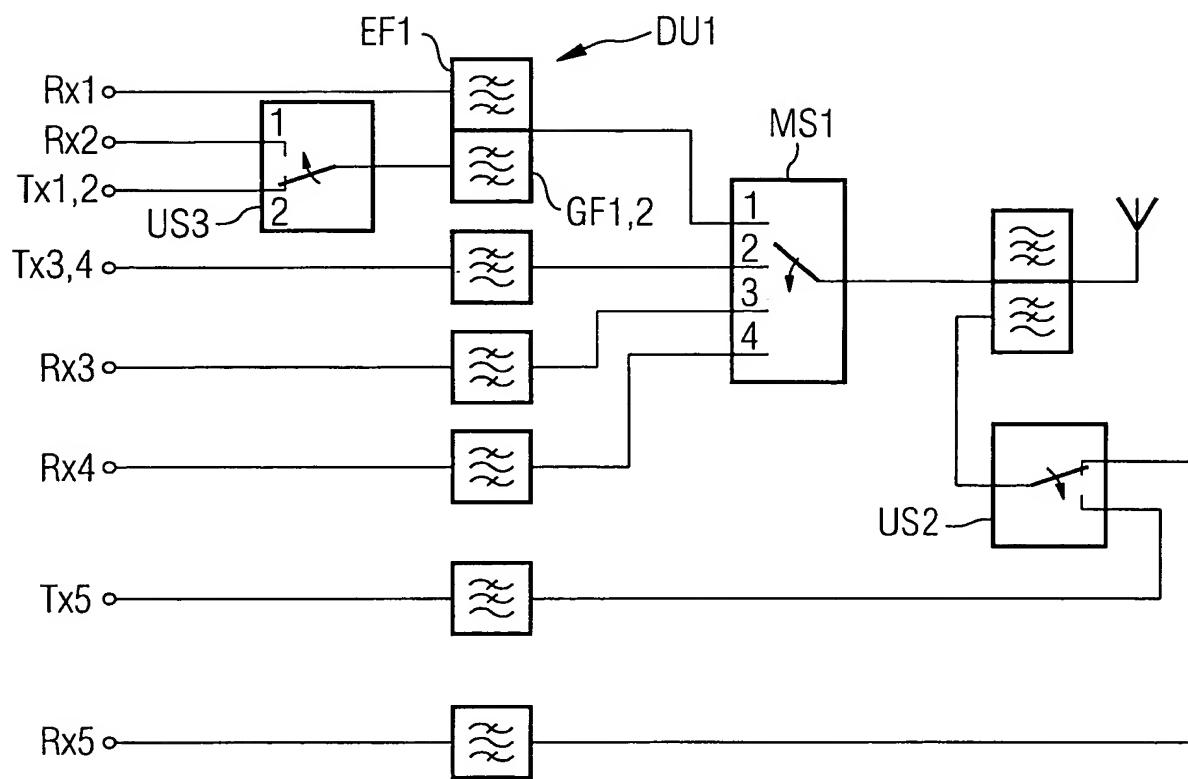


FIG 15

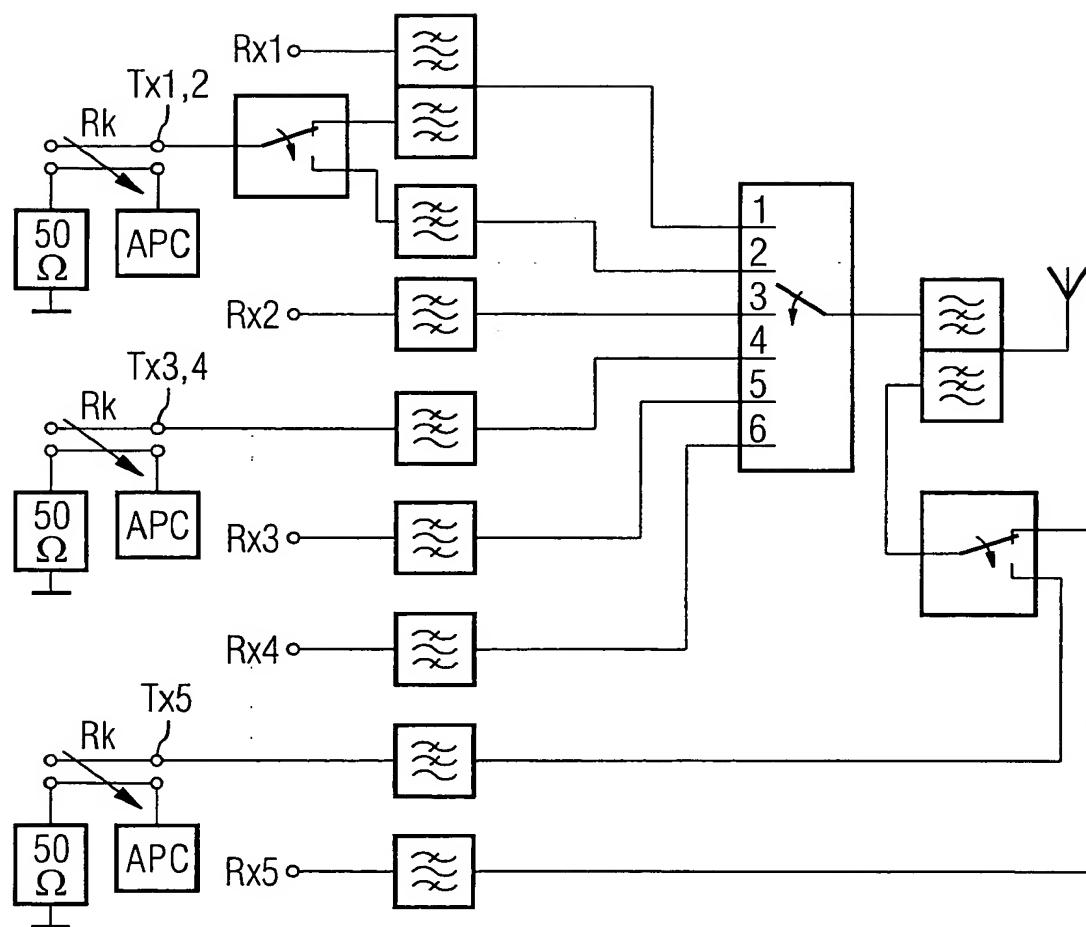


FIG 16

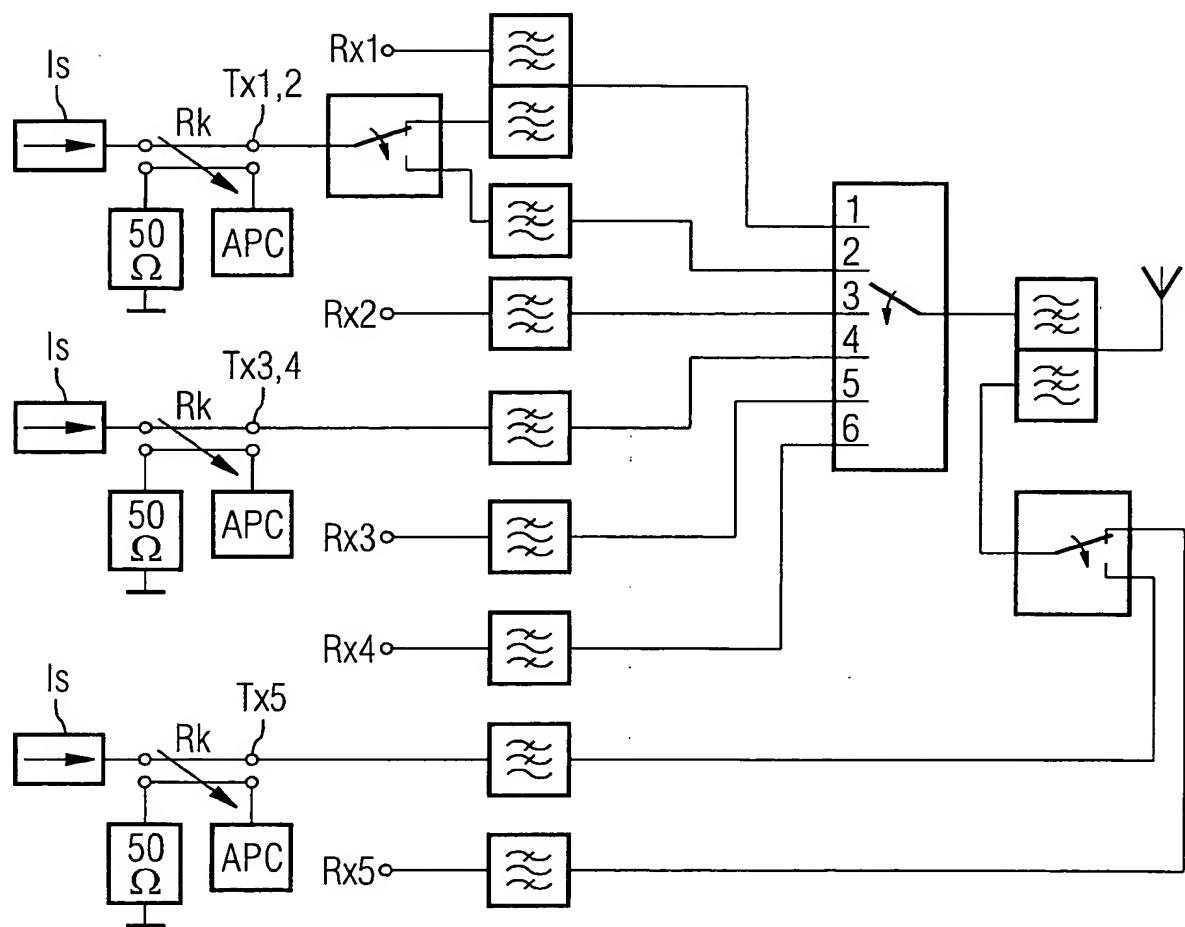


FIG 17

